

**ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ,
ПРОЕКТНЫХ И ТВОРЧЕСКИХ РАБОТ ОБУЧАЮЩИХСЯ
«ОБРЕТЁННОЕ ПОКОЛЕНИЕ»**

Направление:

География

Тема:

**Исследование развития малых термокарстовых озёр в с. Чурапча
(на примере микрорайонов Куоҗалы и Илин)**

Соискатель: Евграфова Айыына Алексеевна

**Научный руководитель: Хоютанова Мария Иустиновна,
педагог дополнительного образования**

**Место выполнения работы: Муниципальное бюджетное общеобразовательная
учреждение Чурапчинской гимназии им. С.К.Макарова.**

Аннотация.

Работа состоит из введения, двух глав. В первой главе изучение динамики изменения термокарстовых озер в Якутии. Вторая глава – исследования динамики образования и изменения термокарстовых озер внутри села Чурапча по микрорайонам. В работе опирались на работы «Исследование активно деградирующих термокарстовых озёр на севере Западной Сибири» – А.А.Митин, «Возникновение и распространение термокарстовых озёр на территории Якутии» – И.М.Нестерева.

Для исследования использованы методы:

- **Дистанционные методы** — использование спутниковых снимков среднего и высокого пространственного разрешения. Это позволяет зафиксировать изменения площадей озёр на разновременных снимках.
- **Методы геоинформационных систем** — для пространственного и статистического анализа спутниковых изображений полей термокарстовых озёр.

В работе использованы:

- **Google Earth Pro** — программа для визуализации и исследования планеты, объединяющая спутниковые снимки, аэрофотосъёмку и географические данные в интерактивной трёхмерной модели. Исторические фотографии данной программы.
- **QGIS** (первоначально известна как Quantum GIS) — **свободная кроссплатформенная геоинформационная система**. Предназначена для создания, редактирования, визуализации, анализа и публикации геопространственной информации
- **meteoblue.com** — сайт метеорологического сервиса Meteoblue. Годовое изменение температуры Чурапча. Годовое изменение осадков.
- **WikiLoc** – платформа для создания маршрута.

Практическая часть:

- Исследование архива температуры и осадков в с. Чурапча.
- Исследования термокарста и динамики мерзлотных ландшафтов в с. Чурапча.(Визуальные наблюдения термокарстовых озер, маршрут построен WikiLoc/
- Сравнительный анализ средней площади, периметра и формы термокарстовых озёр микрорайонов Куоҕалы и Илин (**Google Earth Pro**)
- Составление карты местности с космических снимков(QGIS)

В ходе нашего исследования мы пришли к следующим выводам:

1. Изучение публикаций, космических снимков, визуальные наблюдения показали, что состояние термокарстовых озёр в территории села Чурапча вызывает серьезные проблемы во всех сферах жизнедеятельности, особенно в местах проживания..
2. Изменения количества, площади и периметра термокарстовых озер в селе Чурапча не зависят напрямую от осадков. Основным фактором их изменения является таяние подземных льдов в условиях потепления климата, которое активизирует термокарстовые процессы и высвобождение грунтовой воды. Осадки могут оказывать второстепенное влияние, например, на уровень воды в озёрах, но ключевые изменения связаны именно с изменением температуры и состоянием мерзлоты.

Содержание

Введение.....	4
Глава 1. Проблемы, вызываемые малыми термокарстовыми озерами.....	4
1.1.Исследование архива температуры и осадков в с. Чурапча.....	7
1.2.Исследования термокарста и динамики мерзлотных ландшафтов в с. Чурапча.....	9
Глава 2. Исследование динамики образования малых термокарстовых озёр в с.Чурапча.....	10
2.1 Анализ малых термокарстовых озёр в с. Чурапча по микрорайонам.....	10
2.2 Исследование динамики термокарстовых озёр в микрорайоне Куоґалы.....	11
2.3 Сравнительный анализ средней площади, периметра и формы термокарстовых озёр микрорайонов Куоґалы и Илин.....	14
2.4 Составление карты местности с космических снимков.	14
Заключение.....	16
Список используемой литературы.....	17
Приложение.....	18

Введение

В селе Чурапча термокарстовые озёра (дьүөдьэ) вызывают проблемы, связанные с деградацией вечной мерзлоты и изменением ландшафта. Эти процессы приводят к проседанию грунта, образованию котловин и озёр, что влияет на экосистемы и социально-экономическое развитие территории.

Актуальность темы: Исследования в Чурапче подчеркивают необходимость мониторинга ситуации, так как данные о термокарстовых озёрах помогают улучшить климатические прогнозы. Результаты исследований помогут в разработке мер адаптации и управления территорией для обеспечения устойчивого развития села Чурапча в условиях изменения климата.

Цель работы: Определить характер и динамику развития 10 термокарстовых озёр в с. Чурапча, расположенных на микрорайоне Куоҕалы и Илин, с учётом климатических изменений.

Задачи:

1. Изучение литературы по термокарстовым озёрам и мерзлотным ландшафтам Чурапчи.
2. Мониторинг изменения площади и периметра озёр с помощью Google Earth, QGIS и Wikiloc.
3. Анализ факторов влияния на развитие термокарстовых озёр.

Методы исследования:

1. Изучение научных публикаций и данных по образованию термокарстовых озёр и мерзлотным ландшафтам.
2. Спутниковый мониторинг.
3. Геоинформационные системы и онлайн-сервисы.

Объект исследования: термокарстовые озёра и мерзлотные ландшафты микрорайона Куоҕалы в с. Чурапча.

Предмет исследования: динамика изменения площади, морфометрические характеристики (периметр, размеры) и процессы формирования термокарстовых озёр в условиях климатических изменений.

Гипотеза: Изменения размеров термокарста и термокарстовых и озер в селе Чурапча зависит от разрушения леса, почвы, расположения и глубины вечной мерзлоты, годовых осадков, но не зависит от температурного режима.

Новизна: изучение динамики образования малых термокарстовых озер в селе Чурапча на местах проживания.

Перспектива: охват территории села Чурапча полностью.

Глава 1. Проблемы, вызываемые малыми термокарстовыми озерами и основные факторы, влияющие на развитие термокарстовых озёр.

Термокарстовые озёра в якутских сёлах вызывают экологические, социальные и хозяйственные проблемы из-за проседания грунта из-за деградации многолетней мерзлоты. Термокарст — геологический процесс, при котором из-за вытаивания подземных льдов образуются просадочные и провальные формы рельефа, включая озёра.[13]

Экологические

- **Деградация озёр.** Мелководные термокарстовые озёра из-за интенсивного летнего прогрева воды и мощного её поверхностного испарения имеют щелочную среду, высокие показатели минерализации и высокое содержание органического вещества и биогенных соединений. Это приводит к эвтрофикации озёр.
- **Усыхание и обмеление озёр.** Термоабразионное разрушение берега увеличивает акваторию водоёма, что увеличивает испарение воды и, как следствие, усыхание озера.
- **Загрязнение озёр** из-за хозяйственной деятельности человека. Например, озёра загрязняются стоками животноводческих комплексов, ферм, летних лагерей скота, которые нередко располагаются на берегах озёр.

Социальные

- **Деформация жилых и хозяйственных построек.** Развитие термокарстовых процессов приводит к проседанию грунта, что вызывает деформацию строений. Часть из пострадавших домов и построек местное население вынуждено регулярно ремонтировать, а некоторые — забрасывать и отстраиваться на другом месте.
- **Ограничение возможности развития традиционной хозяйственной деятельности.** Деградация многолетнемёрзлых пород, вызванная термокарстом, ограничивает потенциал пространственного развития населённых пунктов.

Хозяйственные

- **Риск для строительства.** Проседание грунта представляет опасность для зданий, дорог и других сооружений, расположенных в зонах развития термокарста.
- **Разрушение дорог** из-за замерзания и оттаивания дорожных насыпей, что происходит зимой и летом.
- **Затруднение транспортного сообщения** — изменения ландшафта из-за термокарста затрудняют транспортное сообщение.

При этом процесс образования термокарстовых озёр циклически меняется из-за климатических и гидрологических факторов, и контролировать его невозможно.[15]

Причины возникновения термокарста (обобщение современных представлений)[19]



	<u>континентальности</u>	покрова; минерализация органогенного горизонта; уменьшение толщины поверхностного слоя	осадков; уменьшение испарения; увеличение снежного покрова	развитие соседних ПТК
<u>Техногенные</u>	<u>Искусственные источники тепла</u>	Минерализация органогенного горизонта; уничтожение почвенного покрова; удаление части почвенно – грунтового слоя.	Искусственное обводнение	

1.1. Исследование архива температуры и осадков в с. Чурапча.

Развитие термокарста в Центральной Якутии наблюдается с начала 2000-х годов. в 2011 году мы наблюдаем интенсивное развитие полигонального рельефа на бывшей взлётно-посадочной полосе (длинная и узкая прямоугольная территория) и появление новых озёр вдоль северной дороги и на юго-западном лугу. В частности, отмечается, что термокарстовые озёра расширились. Термокарст также развился на участках, где люди уже построили сооружения. В этой ситуации особенно важно предоставлять местному населению информацию о деградации вечной мерзлоты, в том числе для принятия контрмер.

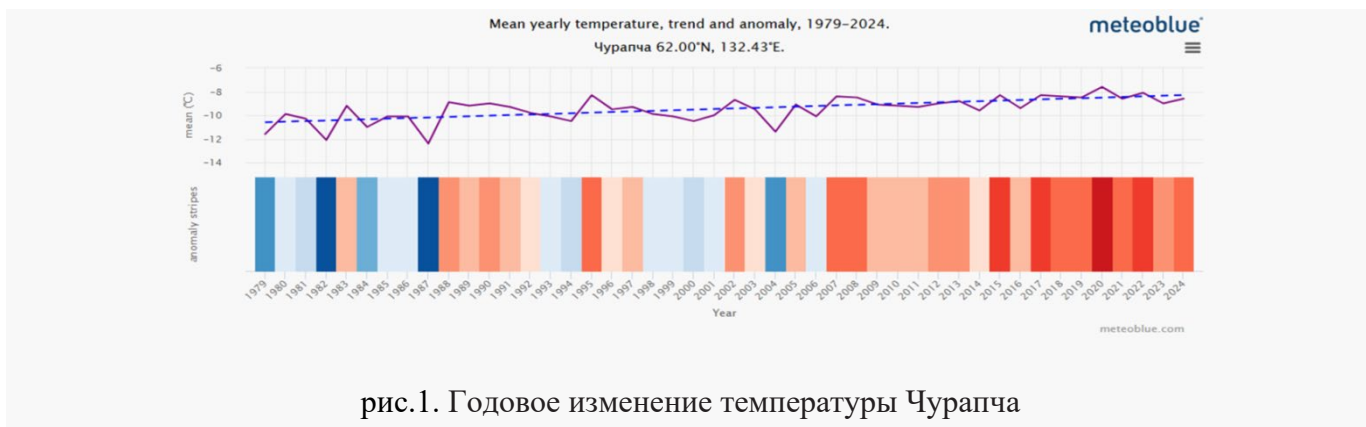


рис.1. Годовое изменение температуры Чурапча

На верхнем графике (рис.1.) представлена предполагаемая среднегодовая температура в районе Чурапчи. Синяя пунктирная линия показывает общую тенденцию изменения климата. Если эта линия поднимается, значит, в Чурапча наблюдается потепление. Горизонтальная линия указывает на отсутствие четкой тенденции, а опускающаяся линия свидетельствует об похолодании. В нижней части графика отображены "полосы потепления". Каждый цвет соответствует среднегодовой температуре: синий цвет обозначает холодные годы, а красный – теплые. [3]

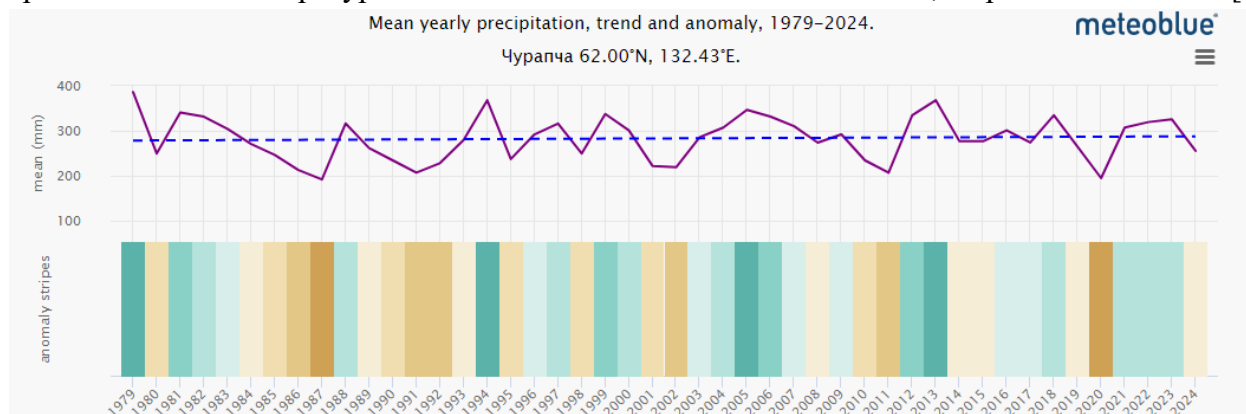


рис.2. Годовое изменение осадков

ия более крупного региона Чурапча. Пунктирная синяя линия обозначает линейный тренд изменения климата. Если линия тренда поднимается слева направо, тренд осадков положительный и в Чурапча становится влажнее из-за изменения климата. Если линия горизонтальная, четкий тренд отсутствует; если она опускается, со временем условия в Чурапча становятся суше. В нижней части графика представлены так называемые полосы осадков. Каждая цветная полоса отражает

годовую сумму осадков: зелёные полосы означают более влажные годы, коричневые — более сухие. [3]

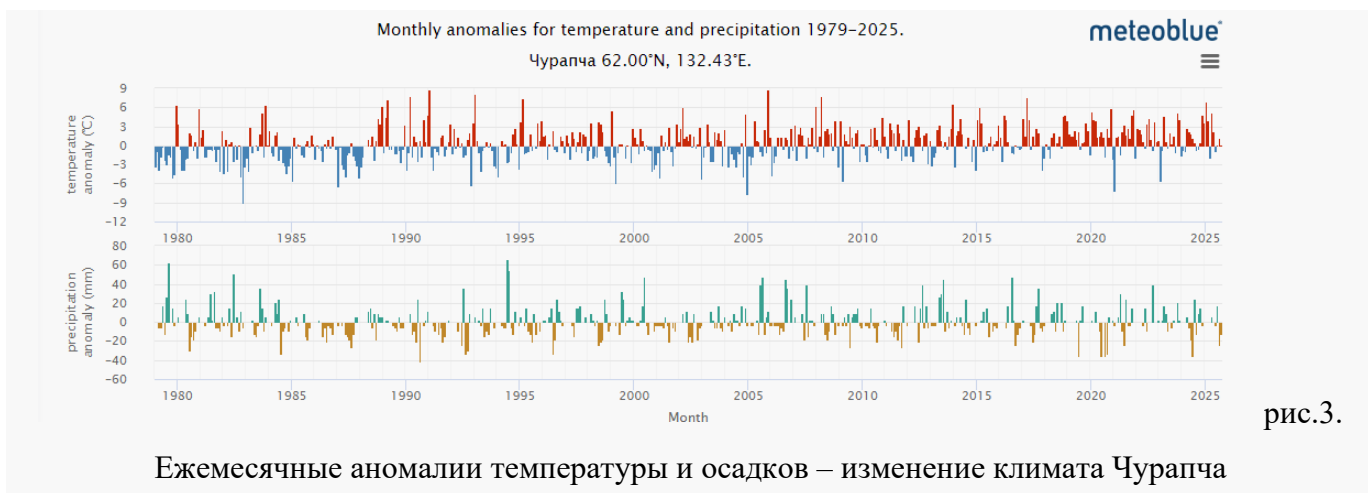


рис.3.

Ежемесячные аномалии температуры и осадков – изменение климата Чурапча

Верхний график (рис.3) показывает аномалию температуры по каждому месяцу с 1979 года и до настоящего времени. Аномалия показывает, насколько месяц был теплее или холоднее 30-летней климатической нормы 1980–2010 гг. Таким образом, красные месяцы были теплее, а синие — холоднее обычного. На большинстве локаций вы увидите увеличение числа более тёплых месяцев с течением лет, что отражает глобальное потепление, связанное с изменением климата. Нижний график показывает аномалию осадков по каждому месяцу с 1979 года и до настоящего времени. Аномалия показывает, было ли в месяце больше или меньше осадков по сравнению с 30-летней климатической нормой 1980–2010 гг. Таким образом, зелёные месяцы были влажнее, а коричневые — суше обычного. [3]

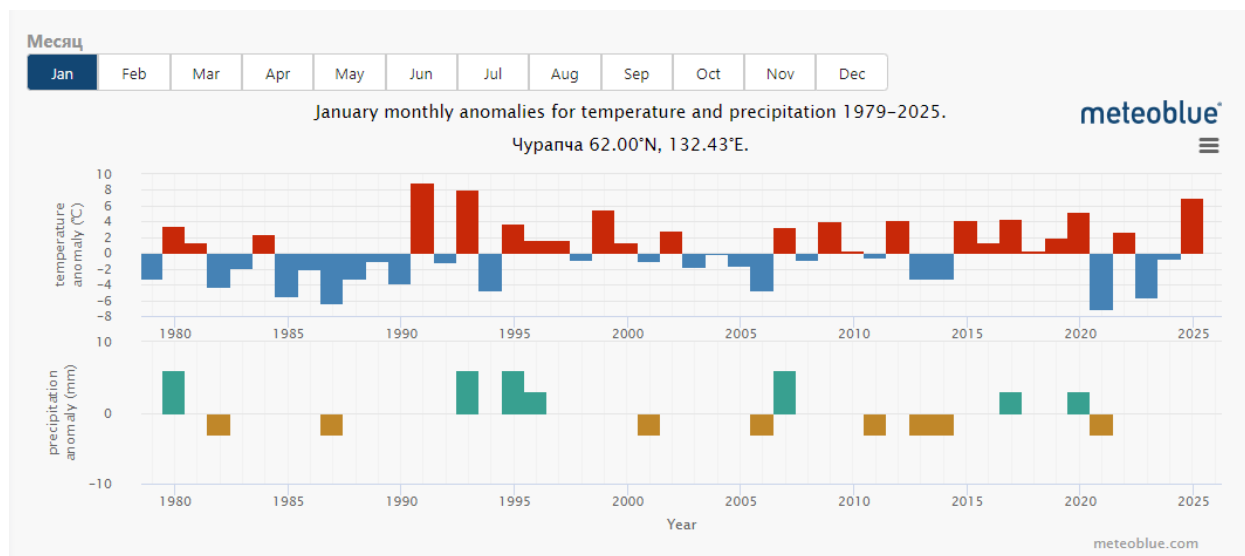


рис. 4 Изменение климата — Чурапча Аномалия температуры и осадков по месяцам

Этот график(рис.4) фокусируется на указанном месяце. Если вы выберете, например, август, то будут показаны аномалии температуры и осадков для каждого августа начиная с 1979 года. Таким образом вы сможете увидеть, в какие годы август был теплее или холоднее (суше или влажнее) нормы. [3]

1.2. Исследования термокарста и динамики мерзлотных ландшафтов в с. Чурапча.

Чурапча расположена примерно в 180 км к востоку от Якутска на почти плоской поверхности абразионной террасы в верховьях междуречья рек Таата и Кохара на высоте около 170–220 м над уровнем моря. Мощность вечной мерзлоты в Чурапче оценивается в 540 м [1]. Старые аласные впадины широко распространены и имеют относительную глубину около 7–8 м [2]. В отложениях ледникового комплекса содержатся сингенетические полигональные ледяные клинья глубиной до 12–14 м, которые залегают на глубине 2,2–2,3 м от поверхности. Ширина верхних частей ледяных клиньев варьируется от 1,5 до 3,0 м. Объёмное содержание льда (ледяного клина) в верхней части вечной мерзлоты составляет примерно 17 % на территории бывшего аэродрома и 25 % на заброшенных пахотных землях, расположенных к югу от Чурапчи, согласно оценке по методу Гагасонова[4] и полевым измерениям Института мерзлотоведения им. П. И. Мельникова..

В Чурапчинском районе в последнее время наблюдается активное образование озёр из-за таяния вечной мерзлоты. Этот процесс, вызванный повышением температуры, приводит к разрушению льдистых пород, проседанию грунта и образованию котловин, которые затем заполняются водой.

В статье из японского издания **Hokkaido Shimbun**, опубликована в 2021 году и посвящённая селу **Чурапча** в Якутии. В конце сентября Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК), действующая под эгидой ООН, посетила опубликовала доклад «Океан и криосфера в меняющемся климате». [11]

Происходящее явление во многом обусловлено глобальным и локальным потеплением климата. Повышение средней температуры воздуха ведет к ускорению термокарстовых процессов и расширению зон оттаивания. К этому добавляются изменения в водном балансе региона: увеличение осадков или замедление оттока воды способствуют формированию водоемов в образовавшихся термокарстовых понижениях. Нельзя недооценивать и роль человека. Деятельность, связанная с вырубкой лесов, строительством и другими вмешательствами, разрушает растительный покров и нарушает естественную защиту вечной мерзлоты от тепла, тем самым ускоряя ее оттаивание. В результате нарушается естественный баланс, и появление новых озёр становится более частым и масштабным.

Район села Чурапча в Центральной Якутии используется как мониторинговый полигон для изучения развития термокарста и динамики мерзлотных ландшафтов под воздействием антропогенного фактора в условиях современных изменений климата. [5]

Некоторые результаты исследований термокарста в этом районе:

- **Оценка Николая Башарина.** Учёный-мерзлотовед исследовал территории близ Чурапчи и пришёл к выводу, что незащищённые лесом открытые поверхности просели почти на полметра за последние 25 лет. [6]
- **Исследования Института мерзлотоведения СО АН СССР в 1987 году.** Учёные провели масштабные исследования на территории аэропорта Чурапчи, который был оборудован на участке с мощными повторно-жильными льдами. [7]
- **Составление карт нарушенности ландшафтов коллективом А. Н. Фёдорова.** Выяснилось, что около 30% ландшафтов в окрестностях Чурапчи подвержены сильному воздействию термокарста с деградацией верхней части повторно-жильных льдов. [7]
- **Оценка изменения площади молодых термокарстовых озёр.** Проводилась по космическим снимкам Corona, Landsat7, GeoEye и Landsat8. Выяснилось, что с 1999 по 2013 годы площади зеркала этих озёр были увеличены в 1,8 раза.[5]

Глава 2. Исследование динамики образования термокарстовых озёр в с. Чурапча.

Процесс формирования нового термокарстового озера часто протекает скрытно, на начальных этапах его сложно заметить. Все начинается с небольших изменений в температурном балансе вечной мерзлоты. Повышение среднегодовой температуры воздуха, удлинение и усиление теплых сезонов, а также изменения в снежном покрове (например, раннее таяние снега или увеличение его толщины, что зимой защищает от промерзания, а весной способствует таянию) приводят к тому, что сезонно-талый слой земли становится глубже. Это, в свою очередь, вызывает таяние верхних слоев вечной мерзлоты, в которых содержится лед. [16]

2.1. Анализ термокарстовых озёр в с. Чурапча по микрорайонам.

Расположенная в зоне сплошного распространения вечной мерзлоты, Чурапча становится живым свидетельством драматических трансформаций криолитозоны, а самым наглядным и тревожным проявлением этих изменений является начало образования термокарстовых озёр. Этот процесс, разворачивающийся от едва заметных просадок до формирующихся водоёмов, затрагивает не только окружающие ландшафты, но и каждый микрорайон села – от обжитых Центрального и Молодежного до более отдалённых Куоёалы и Илин (Чаран).



рис.3. микрорайоны с.Чурапча

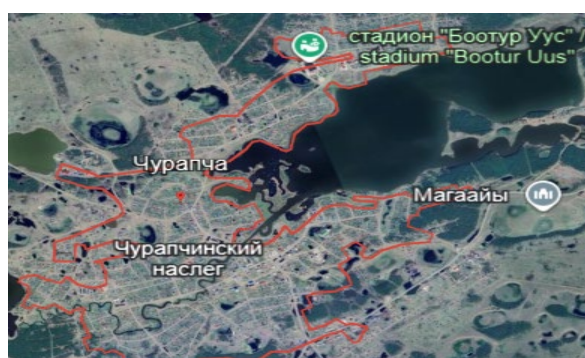


рис.4. карта Чурапчи

В с. Чурапча не считая большие озера в жилой зоне(рис.3.):

1. ТОС Молодежный – 31
2. ТОС Куоёалы – 23
3. ТОС Центральный – 22
4. ТОС Маарыкчаан – 15
5. ТОС Спортивный – 10
6. ТОС Мурун Тъымпыя – 20
7. ТОС Чаран – 25

№	Молодежный	Куоҗалы	Центральный	Маарыкчаан
2024	31	23	22	15
2022	29	20	17	11
2015	30	21	18	12

№	Спортивный	Мурун Тыымпыя	Илин(Чаран)	Всего
2024	10	20	25	146
2022	12	11	20	120
2015	7	16	23	127

Вывод: В жилой зоне села Чурапча, с учетом данных о малых термокарстовых озёрах (не считая больших) в различных ТОС, существенно дополняет общую картину и подчеркивает активность процессов термокарста непосредственно в освоенных человеком территориях. Эти цифры наглядно демонстрируют, что внутри жилых зон процесс активного образования новых термокарстовых котловин является постоянным и значительным явлением. В 2022 год, в связи с тем, что Чурапча испытывала сильную засуху, количество термокарстовых озёр значительно было меньше.

2.2. Исследование динамики термокарстовых озёр в микрорайоне Куоҗалы.

Для систематического изучения ландшафта и фиксации расположения водных объектов, нами был разработан и пройден исследовательский маршрут(рис.5.)[8]. Инструментом для его создания послужила платформа WikiLoc(рис.6), что позволило не только точно планировать путь, но и геопривязывать каждую точку наблюдения, фиксировать координаты.

Wikiloc — веб-сайт, стартовавший в 2006 году^{[1][2][3]}, который предлагает бесплатные маршруты GPS и путевые точки, которые участники (бесплатная регистрация) могут загружать и обмениваться. В этом сервисе маршруты могут отображаться поверх разных карт, например, карт Google (с возможностью отображения слоев Мировой карты рельефа (maps-for-free.com), OpenStreetMap, соответствующего OpenCycleMap, Базовой карты изображений USGS Торо и Базовой карты USGS Торо). Сервис также доступен в Google Earth. [9]



рис.5. маршрут по термокарстовым озёрам

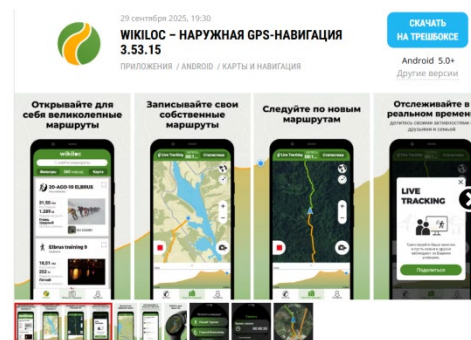


рис.6. WikiLoc

Наше исследование озёр опиралось на мощь геоинформационных систем. Google Earth послужил незаменимым инструментом для быстрого визуального обзора и предварительной оценки изучаемых территорий. В то время как QGIS обеспечил функционал для детальной обработки и глубокого анализа пространственных данных. Благодаря этим платформам мы смогли не только точно определить границы и площадь водоёмов, но и всесторонне изучить их морфологию, рельеф и экологические связи с прилегающими ландшафтами, что позволило создать исчерпывающие карты и отчёты для дальнейшего научного осмысления.

Google Планета Земля (англ. Google Earth) — проект компании Google, в рамках которого в сети Интернет были размещены спутниковые (или в некоторых точках аэрофото-) изображения всей земной поверхности. Фотографии некоторых регионов имеют беспрецедентно высокое разрешение.[19]

QGIS (ранее Quantum GIS) — свободное геоинформационное программное обеспечение для просмотра, редактирования, сбора, анализа и визуализации пространственных данных.[18]

Одним из ключевых выводов нашего исследования стало выявление практически полного отсутствия динамики в количестве термокарстовых озёр на территории Куоҕалы за период с 2015 по 2024 год. Анализ спутниковых и аэрофотоснимков, а также полевых данных за это десятилетие показал, что число этих озёр оставалось стабильным, колеблясь в очень узких рамках. Однако эта стабильность не означает отсутствия трансформаций, а скорее указывает на то, что изменения происходят на уровне внутренних процессов существующих водоёмов.



2015г.

2017г.

2018г.



2019г.

2021г.

2022г.



2024г.

Наиболее значимые изменения были обнаружены именно в морфологии этих озёр. Было чётко установлено, что площадь этих озёр увеличивается или уменьшается преимущественно за счёт внутреннего расширения и сглаживания, а периметр, как длина береговой линии, может оставаться практически постоянным.

Чтобы выяснить насколько процентов уменьшилось или увеличилось площадь каждого термокарстового озера за период 2015-2024г определяем по формуле: $(S_n - S_c) : S_c * 100\%$, где S_n – нынешний размер; S_c – изначальный размер(2015г); 100% - коэффициент для перевода в проценты. Если ответ положительный, то **площадь увеличилась**, если отрицательный – **площадь уменьшилось**.

Относительное изменение площади 10 термокарстовых озёр микрорайона Куо́балы:

- Озеро 1 – увеличился на ~0,16%
- Озеро 2 – уменьшилось на ~0,21%
- Озеро 3 – уменьшилось на ~0,14%
- Озеро 4 – увеличилось на ~0,01%
- Озеро 5 – увеличилось на ~0,58%
- Озеро 6 – увеличилось на ~0,1%
- Озеро 7 – уменьшилось на ~0,55%
- Озеро 8 – увеличилось на ~0,07%
- Озеро 9 – уменьшилось на ~0,15%
- Озеро 10 – увеличилось на ~0,03%

Относительное изменение площади 10 термокарстовых озёр микрорайона Илин:

- Озеро 1 – увеличилось на ~0,81%
- Озеро 2 – увеличилось на ~0,008%
- Озеро 3 – увеличилось на ~0,42%
- Озеро 4 – уменьшилось на ~0,89%
- Озеро 5 – увеличилось на ~0,05%
- Озеро 6 – увеличилось на ~0,1%
- Озеро 7 – увеличилось на ~0,34%
- Озеро 8 – увеличилось на ~0,13%
- Озеро 9 – уменьшилось на ~0,34%
- Озеро 10 – уменьшилось на ~0,07%

Вывод: Для организации маршрута по озёрам использовалась программа WikiLoc, что позволило точно спланировать и проложить путь, учитывая географические особенности и оптимальное

расположение объектов для посещения. Данные подтверждают, что на исследуемой территории количество термокарстовых озёр остаётся практически стабильным с незначительными колебаниями, что характерно для процессов развития мерзлотных ландшафтов в условиях изменяющегося климата. По нашим наблюдениям периметр термокарстовых озёр особо не меняется, а площадь в некоторых годах увеличивается или же уменьшается. Это происходит за счёт внутреннего расширения и сглаживания, а периметр, как длина береговой линии, может оставаться практически постоянным. Общая площадь увеличилась.

2.3. Сравнительный анализ средней площади, периметра и формы термокарстовых озёр микрорайонов Куоѳалы и Илин.

Морфометрические особенности термокарстовых озёр, такие как их площадь, периметр и коэффициент извилистости береговой линии, являются важными показателями. Они не только определяют облик ландшафта в регионах вечной мерзлоты, но и отражают текущее состояние и динамику климатических процессов, связанных с термокарстом.

Для сравнительного анализа было выбрано по 10 озёр из каждого микрорайона, по которым вычислены средние значения площади и периметра. Средняя площадь озёр Илин составляет 6450,4454 м², при среднем периметре 392,2054 м. В микрорайоне Куоѳалы средняя площадь немного меньше — 5596,76 м² — при значении периметра 399,5979 м. Хотя озёра Илин занимают большую территорию, их береговая линия в среднем короче, чем у озёр Куоѳалы. Это означает, что озёра Илин имеют более "сжатую", похожую на круг форму. С целью измерения извилистости формы был использован коэффициент извилистости, который равен отношению длины береговой линии к длине окружности круга, имеющего площадь, равную площади озера. Данная величина, характеризующая форму озера, не может быть меньше единицы; чем больше эта величина, тем более извилист берег озера.[17]

Результаты расчетов говорят нам:

- коэффициент извилистости Илин равен примерно 1,38, это значит, что форма довольно гладкая, почти круглая и хорошо организованная.
- Коэффициент извилистости около 1,51 означает, что береговая линия гораздо более запутанная и изрезанная.

Вывод: В селе Чурапча озера микрорайона Илин характеризуются большей площадью и более компактной формой, а озера микрорайона Куоѳалы — меньшей площадью, но с более протяжёнными и более изрезанными контурами. Это связано с геоморфологическими, гидрологическими факторами и термокарстовым процессом.

2.4. Составление карты местности с космических снимков.

Для более детального исследования границ микрорайонов использовали:

1. Растровые фотографии с Google Earth.
2. Программа для составления карт QGIS.

В программе QGIS можно составлять карту местности на основе космических снимков. Программа позволяет работать с растровыми данными спутниковой съёмки, обрабатывать их и экспортировать готовую карту в разные форматы.

Скопировали и сохранили фотографию села Чурапча, в которой нанесли границу микрорайонов. Затем сделали геопривязку по координатам.



Заключение

Основным итогом нашей работы является исследование развития термокарстовых озер села Чурапча по космическим снимкам с помощью приложения GoogleEarth, QGIS и проложенный маршрут с помощью платформы WikiLoc.

В ходе нашего исследования мы пришли к следующим выводам:

3. Изучение публикаций, космических снимков, визуальные наблюдения показали, что состояние термокарстовых озёр в территории села Чурапча вызывает серьезные проблемы во всех сферах жизнедеятельности, особенно в местах проживания..
4. Изменения количества, площади и периметра термокарстовых озер в селе Чурапча не зависят напрямую от осадков. Основным фактором их изменения является таяние подземных льдов в условиях потепления климата, которое активизирует термокарстовые процессы и высвобождение грунтовой воды. Осадки могут оказывать второстепенное влияние, например, на уровень воды в озёрах, но ключевые изменения связаны именно с изменением температуры и состоянием мерзлоты.
5. Наблюдаются все факторы, влияющие на развитие термокарстовых озер (климатические, геологические, геоморфологические и антропогенные)

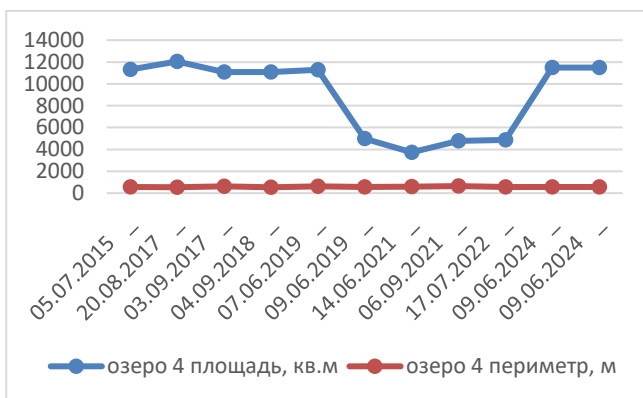
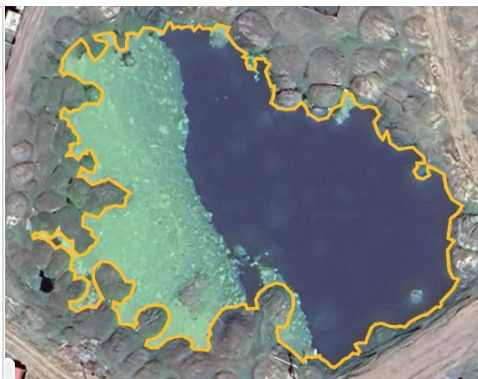
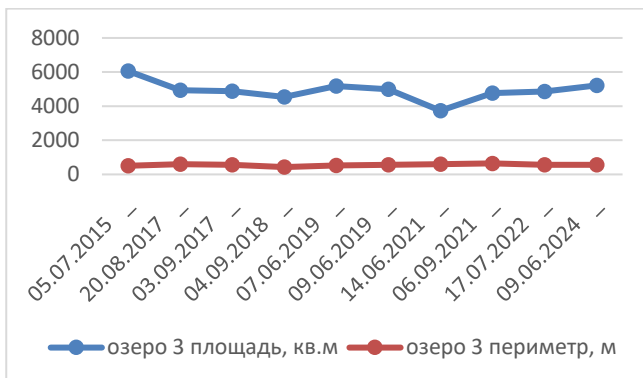
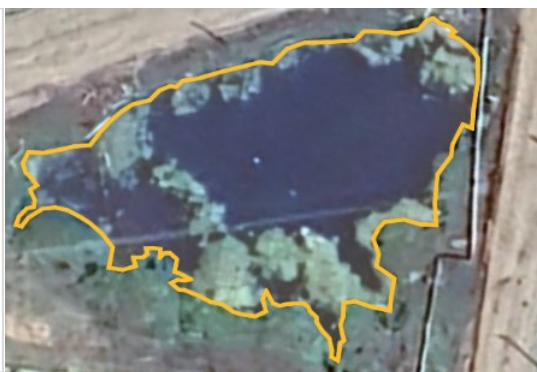
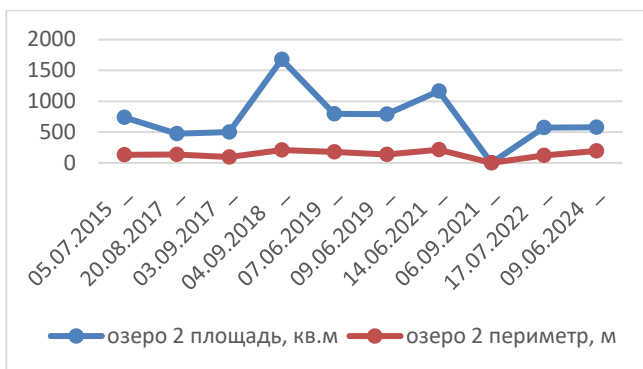
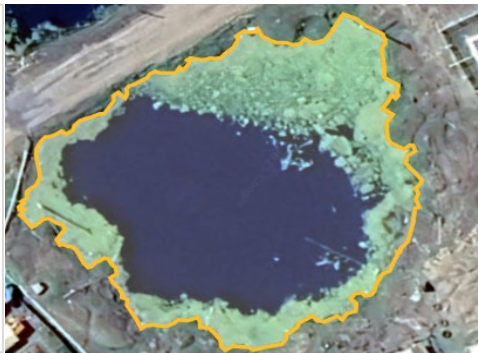
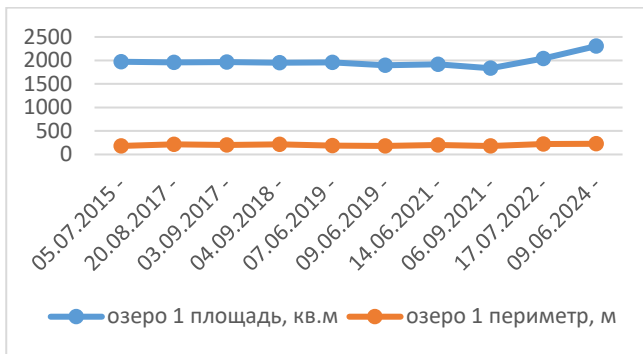
Перспективы: Для более точной картины динамики развития этих процессов в с Чурапча, мы планируем дальнейшие исследования, а также мониторинг состояния вечной мерзлоты и водных объектов в селе Чурапча.

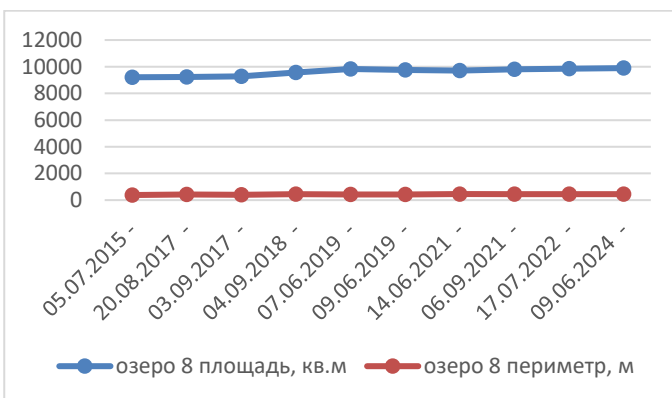
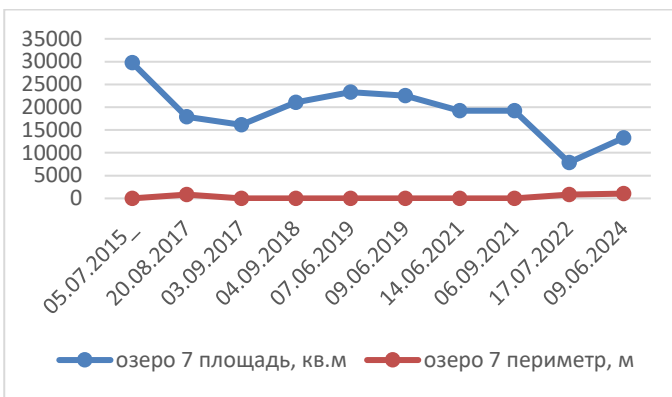
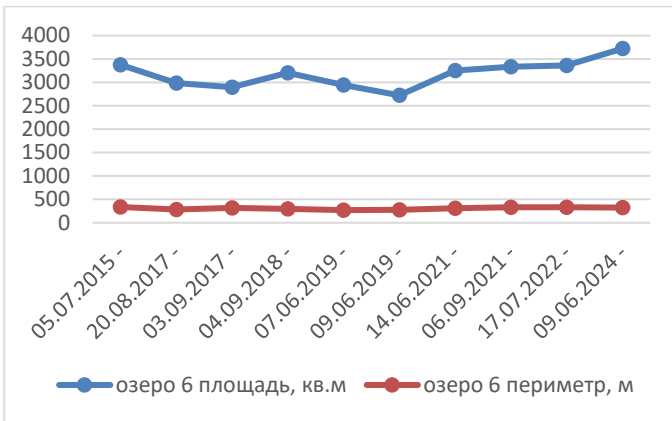
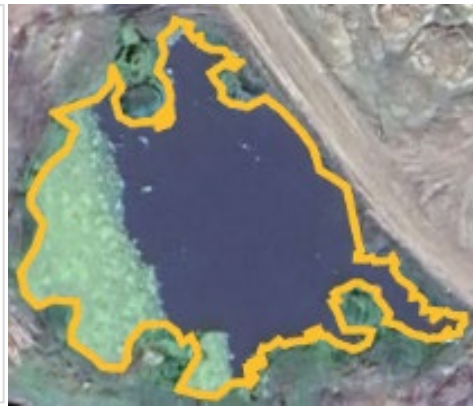
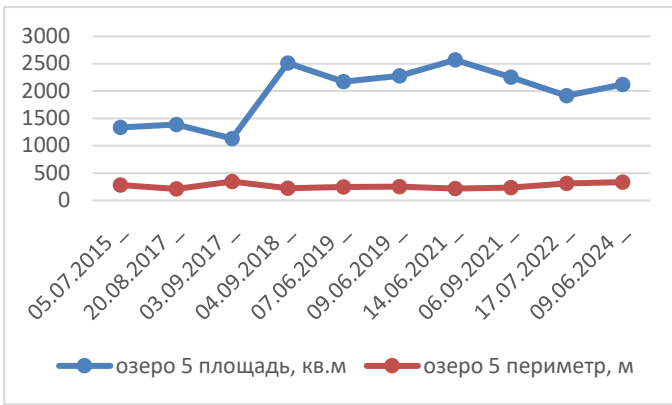
Литература

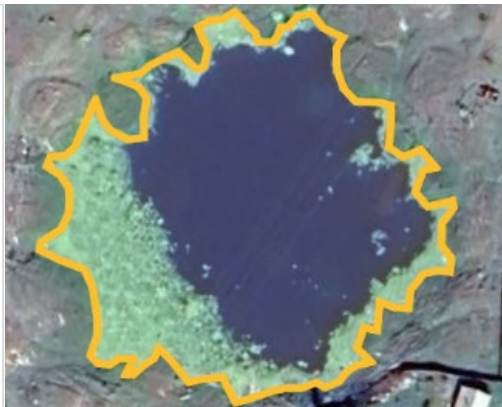
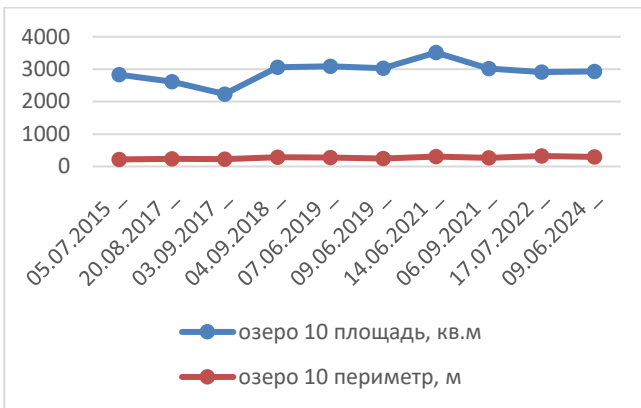
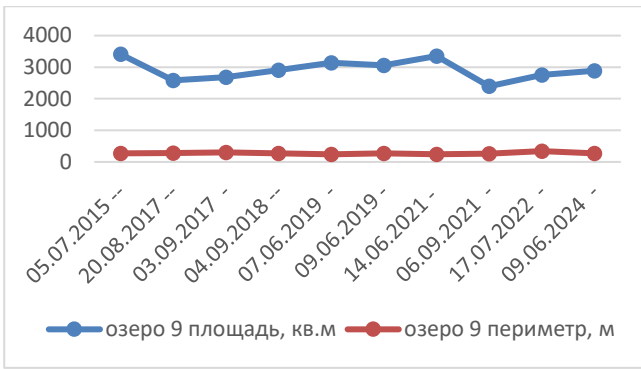
1. Иванов, М. С. (1984). Криогенная структура четвертичных отложений Лено-Алданской впадины.
2. Сайто Х., Иидзима Ю., Башарин Н., Фёдоров А. и Куницкий В. (2018). Развитие термокарста, выявленное с помощью топографических данных высокой чёткости в Центральной Якутии.
3. Изменение климата Чурапча — https://www.meteoblue.com/ru/climate-change/Чурапча_Россия_2025241?month=12
4. Гасанов, С. С. (1969). Оценка объёмного содержания макрольдистых тел в вечной мерзлоте при разработке россыпного месторождения.
5. <https://blogi.nlrs.ru/67151/125418>
6. Ученые: На незащищенных лесом территориях Якутии вечная мерзлота тает — Н.Башарин
7. Динамика мерзлотных ландшафтов Центральной Якутии — <https://www.rgo.ru/ru/article/dinamika-merzlotnyh-landshaftov-centralnoy-yakutii>
8. Маршрут Арбаа дьүөдьэлэрэ — <https://loc.wiki/t/231595703?h=epo92jwnvp&wa=sd&la=ru>
9. WikiLoc – Википедия — <https://ru.wikipedia.org/wiki/Wikiloc>
10. Google Earth, с. Чурапча — <https://earth.google.com/web/@61.97680511,132.43620908,177.27167577a,1961.37875775d,35y,349.46735973h,0t,0r/data=CgRCAggBMikKJwolCiExck5xbEtQVG9KVDh5bXpvbXIRUGs2WkNuYkU0bKpWQkwgAToDCgEwQgIIAEoICIWtqNkCEAE?hl=ru&authuser=0>
11. Pogram1970 • Hokkaido Shimbun (Япония) _ стремительное таяние вечной мерзлоты в российской Чурапче – глобальное потепление меняет рельеф
12. Геохимия подземных льдов, солёных вод и рассолов Западной Якутии – Л.П.Алексеева
13. Геокриологические факторы динамики площади термокарстовых озёр в Центральной Якутии – Н.В.Нестерова, О.М.Макарьева, А.Н.Федоров, А.Н.Шихов
14. Исследование активно деградирующих термокарстовых озёр на севере Западной Сибири – А.А.Митин
15. Возникновение и распространение термокарстовых озёр на территории Якутии – И.М.Нестерева
16. Географическое положение озера. Морфометрические характеристики
17. QGIS – РуВики – <https://ru.ruwiki.ru/wiki/QGIS>
18. Google Earth – РуВики – https://ru.ruwiki.ru/wiki/Google_Планета_Земля
19. Балаценко.М.И. Возникновение и распространение термокарстовых озёр на территории Якутии. <https://moluch.ru/archive/44/5202>

Приложение

Площадь и периметр 10 термокарстовых озёр, расположенных на микрорайоне Куоёалы 2015-2024г.







Площадь и периметр 10 термокарстовых озёр, расположенных на микрорайоне Илин 2015-2024г.

